

## 建物の荷重-変形関係と限界状態

### 部材の復元力特性と限界点

- ✓ 曲げ、せん断強度、剛性、降伏変形の評価
- ✓ 損傷に基づく限界変形の評価

Push-over解析

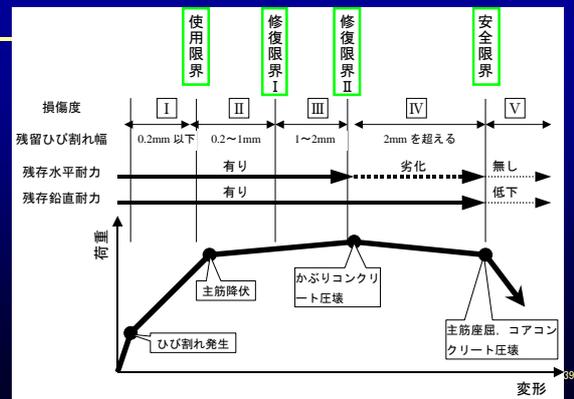
### 層の復元力特性と限界点

1自由度系への縮約

### 等価1自由度系の復元力特性と限界点

38

## 復元力特性と限界状態（損傷度）



39

## 構造部材の性能と限界状態

- (2-1) **修復限界状態I**: 部材が容易に修復しうる状態。  
 鉄筋はわずかに降伏する程度  
 残留ひびわれ幅は0.2~1.0mm (部材により0.5mm) 以下  
 コンクリートはほぼ健全な状態
- (2-2) **修復限界状態II**: 部材が修復可能な状態。  
 鉄筋の塑性化がやや進展した程度で座屈せず  
 ひびわれ幅は1~2mm (部材により0.5~1.0mm) 以下  
 かぶりコンクリートの剥落は生じるが  
 コアコンクリートは健全

40

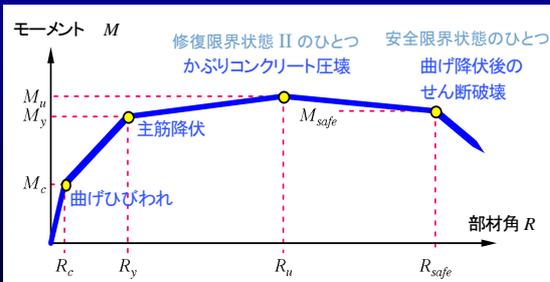
## 構造部材の性能と限界状態

- (3) **安全限界状態**: 地震応答時の応力および地震終了時の鉛直荷重による応力を安定して維持することができる状態で、繰り返し载荷による材料特性の劣化を考慮した部材の抵抗機構にもとづく方法または実験式など実験結果によって精度が確認された方法によって評価する。
- 『靱性保証指針』による評価式も参照

41

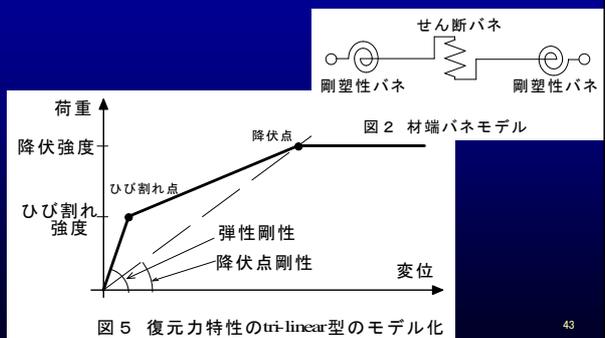
## 復元力特性の設定

4つの特性点を求め、折れ線で結んでモデル化



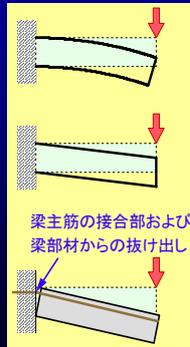
42

## 部材のモデル化



43

## 主筋の降伏点



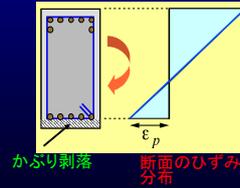
- 曲げ変形
- せん断変形
- 梁主筋の柱梁接合部からの抜け出しによる付加変形
- 梁主筋の梁部材からの抜け出しによる付加変形

降伏モーメントは平面保持仮定の断面解析などによって求める

44

## かぶりコンクリート圧壊点

- かぶりコンクリートは剥落／圧縮力負担せず
- コア・コンクリート最外縁の圧縮ひずみが拘束コンクリートの圧縮強度時ひずみに到達

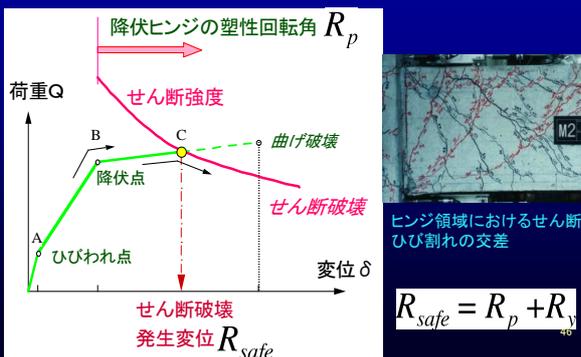


耐力は平面保持仮定の断面解析によって求める

変形は降伏変形と同様に4成分の和として求める

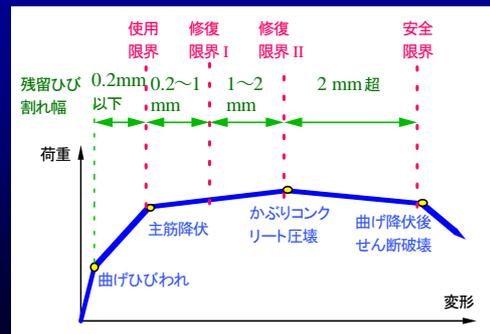
45

## 曲げ降伏後のせん断破壊発生点



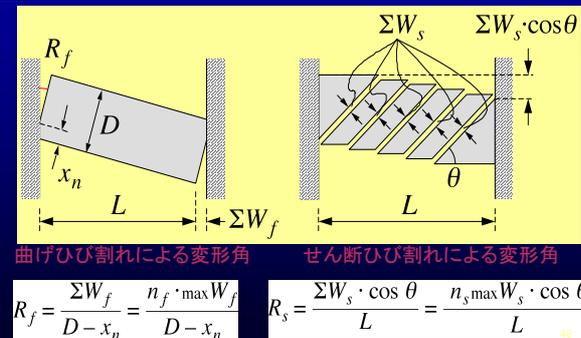
46

## ひび割れ幅による各種限界の評価



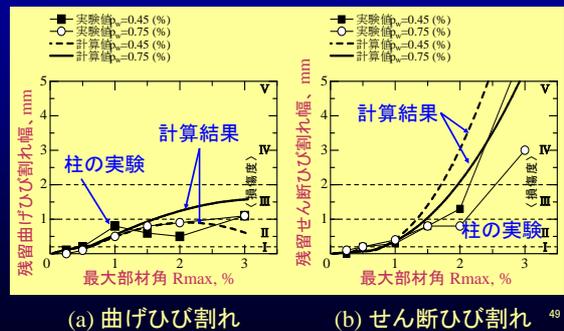
47

## ひび割れ幅と部材角との関係のモデル



48

## 残留ひび割れ幅と最大部材角との関係



49

## 非構造部材の性能と限界状態

**使用限界状態:** 継続使用に支障のない状態。コンクリートの残留ひび割れ幅が雨掛り部分では0.1mm以下、雨掛りのない部分では0.2mm以下、コンクリートは圧壊の兆候が無く、ドアや窓の開閉は支障のない限界。

**修復限界状態I:** 容易に修復できる状態。残留ひび割れ幅が1mm以下、コンクリートの剥落がわずかな状態で、ドアおよび窓の開閉は支障のない限界。

**修復限界状態II:** 大きなひび割れが残留し、損傷も激しく、ドアおよび窓は変形して開閉できないこともあるが、修復は可能で、避難行動に危険を及ぼさない状態。

**安全限界状態:** 非構造部材が脱落、転倒、飛散を生じる直前で、人命の危機が回避できる限界。

50

## 構造物のモデル化

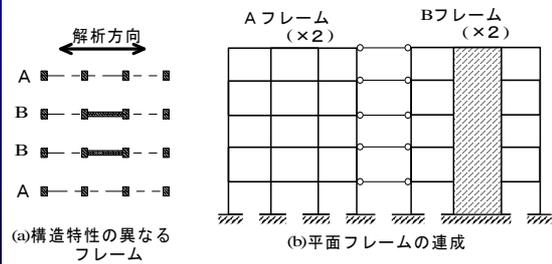
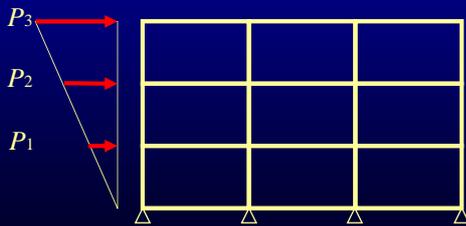


図1 平面フレームの連成

51

## Push-over解析

◆ 部材の復元力特性に基づいて、静的漸増载荷解析 (Push-over解析)



52

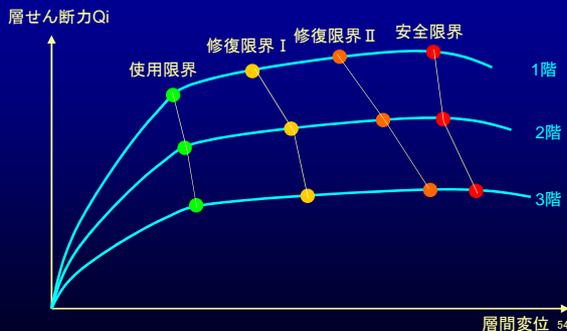
## 層の限界状態と損傷度ごとの部材の比率

層の限界状態	部材の損傷度				
	I	II	III	IV	(V)
使用限界	—	0%			
修復限界I	—	a(30)	b(20)	0%	
修復限界II	—	—	c(50)	0%	
安全限界	—	—	—	—	(0%)

設計者設定可

53

## 各階の層せん断力ー層間変位関係



層間変位 54

## 1自由度系への縮約

◆ 有効質量

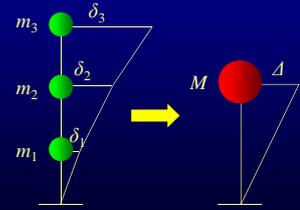
$$M = \frac{\{\sum(m_i \cdot \delta_i)\}^2}{\sum(m_i \cdot \delta_i^2)}$$

◆ ベースシア係数

$$C_B = Q_1/M$$

◆ 代表変位

$$\Delta = \frac{\sum(m_i \cdot \delta_i^2)}{\sum(m_i \cdot \delta_i)}$$



55

## 例題

各階質量が等しく、変位が逆三角形分布のときの有効質量、代表変位を求める

$$m_1 = m_2 = m_3 = m, \delta_1 = \delta, \delta_2 = 2\delta, \delta_3 = 3\delta \text{より}$$

◆ 有効質量

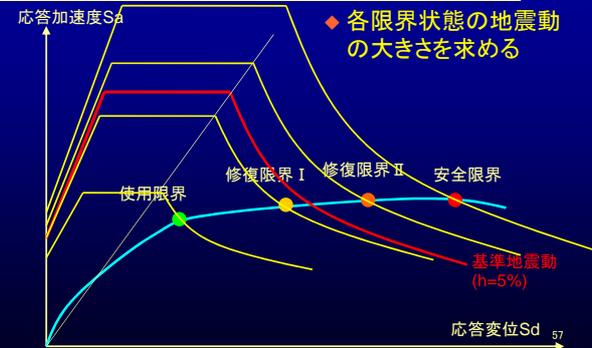
$$M = \frac{\{\sum(m_i \cdot \delta_i)\}^2}{\sum(m_i \cdot \delta_i^2)} = \frac{(1+2+3)^2 m^2 \delta^2}{(1^2+2^2+3^2) m \delta^2} = 2.57m$$

◆ 代表変位

$$\Delta = \frac{\sum(m_i \cdot \delta_i^2)}{\sum(m_i \cdot \delta_i)} = \frac{(1^2+2^2+3^2) m \delta^2}{(1+2+3) m \delta} = 2.33\delta$$

56

## Sa-Sd曲線



57

## RC建物の地震被害

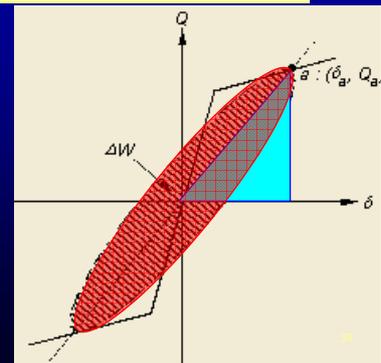


58

## 等価粘性減衰定数 $h_{eq}$

◆ 履歴エネルギー吸収能力による見かけ上の減衰

$$h_{eq} = \frac{1}{4\pi} \frac{\Delta W}{W}$$



## 限界地震動倍率の評価

◆ 減衰による効果を考慮して限界地震動の大きさを評価する

建物の減衰による応答スペクトルの低減

$$F_h = \frac{1.5}{1+10h}$$

減衰定数h

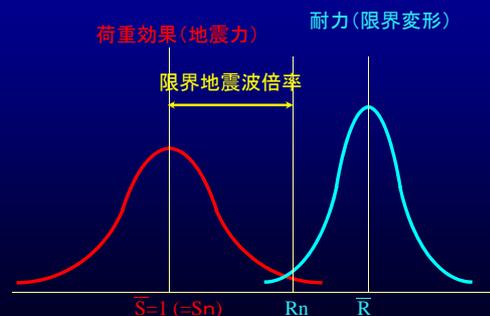
$$h = 0.05 + 0.25(1 - 1/\sqrt{\mu})$$

$\mu$ : 塑性率

60

## 耐震信頼性の評価

◆ 限界状態の超過確率



61